

SMILE 术后角膜后表面形态变化临床研究

张雪梅¹, 杨君¹, 刘勤¹, 徐新花^{1,2}

引用:张雪梅,杨君,刘勤,等. SMILE 术后角膜后表面形态变化临床研究. 国际眼科杂志 2021;21(2):316-320

基金项目:甘肃省卫生行业科研计划项目(No.GSWSKY-2018-32)

作者单位:¹(730000)中国甘肃省兰州市,甘肃省人民医院眼科;²(730000)中国甘肃省兰州市,甘肃中医药大学

作者简介:张雪梅,女,毕业于北京医科大学,本科,副主任医师,研究方向:斜弱视、眼视光学。

通讯作者:刘勤,男,毕业于兰州医学院,本科,主任医师,门诊部主任,硕士研究生导师,研究方向:眼表疾病、眼视光学. summliu@126.com

收稿日期:2020-04-13 修回日期:2020-12-30

摘要

目的:研究飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(SMILE)后角膜后表面形态的变化。

方法:对120例240眼施行SMILE手术的患者进行回顾性病例研究。按术前等效球镜将其分为轻度近视组($\leq -3.00D$)、中度近视组($> -3.00 \sim < -6.00D$)及高度近视组($\geq -6.00D$)。分别于术前,术后1d,1wk,1,3,6,12mo进行Pentacam三维眼前节分析系统检测,比较角膜顶点后表面高度和直径2,6mm同心圆上角膜后表面高度的变化趋势。

结果:三组角膜顶点,2mm环角膜后表面高度在术后不同时间点时间、组间有差异(顶点: $F_{\text{时间}} = 30.09, P_{\text{时间}} < 0.01$; $F_{\text{组间}} = 7.29, P_{\text{组间}} < 0.01$; 2mm环: $F_{\text{时间}} = 24.72, P_{\text{时间}} < 0.01$; $F_{\text{组间}} = 7.44, P_{\text{组间}} = 0.01$),而组间 \times 时间无差异(顶点: $F_{\text{时间}\times\text{组间}} = 1.65, P_{\text{时间}\times\text{组间}} = 0.15$; 2mm环: $F_{\text{时间}\times\text{组间}} = 1.81, P_{\text{时间}\times\text{组间}} = 0.25$)。6mm环角膜后表面高度在术后不同时间点比较,时间有差异($F_{\text{时间}} = 18.34, P_{\text{时间}} < 0.01$),而组间及组间 \times 时间无差异($F_{\text{组间}} = 2.21, P_{\text{组间}} = 0.12$; $F_{\text{时间}\times\text{组间}} = 1.34, P_{\text{时间}\times\text{组间}} = 0.25$)。轻、中度近视组顶点、2mm环、6mm环在术后1mo内角膜后表面高度变化均有差异($P < 0.05$)。高度近视组顶点、2mm环在术后3mo内角膜后表面高度变化均有差异($P < 0.05$); 6mm环在术后1mo内有差异($P < 0.05$)。三组角膜顶点与2mm环术后1wk与术后1d角膜后表面高度差值均为负,之后差值变正且值变小。6mm环术后1wk与术后1d差值为正,之后差值变负且值变小。

结论:不同近视组患者SMILE术后角膜后表面变化一致,角膜中央区域均轻度后移,周边区域均轻度前移,术后1wk达到最大值,之后均趋于向术前状态缓慢恢复。手术的稳定性、精确性、安全性、可预测性好。

关键词:飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术;角膜后表面高度;角膜基质;近视

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2021.2.25

Clinical research of changes in posterior corneal elevation after small incision lenticule extraction

Xue - Mei Zhang¹, Jun Yang¹, Qin Liu¹, Xin - Hua Xu^{1,2}

Foundation item: Health Industry Scientific Research Project of Gansu Province (No.GSWSKY-2018-32)

¹Department of Ophthalmology, Gansu Provincial Hospital, Lanzhou 730000, Gansu Province, China; ²Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, Gansu Province, China

Correspondence to: Qin Liu. Department of Ophthalmology, Gansu Provincial Hospital, Lanzhou 730000, Gansu Province, China. summliu@126.com

Received:2020-04-13 Accepted:2020-12-30

Abstract

• **AIM:** To assess the changes of posterior corneal elevation after small incision lenticule extraction (SMILE).

• **METHODS:** A retrospective study was conducted on 120 patients (240 eyes) who underwent SMILE surgery with myopia. All patients were examined with the Pentacam of preoperation and 1d, 1wk, 1, 3, 6 and 12mo postoperatively, respectively. We analyze the change of the posterior corneal elevation of the apex, and the change of mean posterior corneal elevation in the circle of 2mm, and 6mm diameter.

• **RESULTS:** Comparison among the three groups showed that the differences of apex and 2mm circle at a different time and between the groups were statistically significant (apex: $F_{\text{time}} = 30.09, P_{\text{time}} < 0.01$; $F_{\text{group}} = 7.29, P_{\text{group}} < 0.01$; 2mm circle: $F_{\text{time}} = 24.72, P_{\text{time}} < 0.01$; $F_{\text{group}} = 7.44, P_{\text{group}} = 0.01$), and there was no statistically significant difference in interaction time and groups (apex: $F_{\text{time}\times\text{group}} = 1.65, P_{\text{time}\times\text{group}} = 0.15$; 2mm circle: $F_{\text{time}\times\text{group}} = 1.81, P_{\text{time}\times\text{group}} = 0.25$). The difference of 6mm circle at different time points after the operation was statistically significant ($F_{\text{time}} = 18.34, P_{\text{time}} < 0.01$), while the difference in interaction time and groups was not statistically significant ($F_{\text{group}} = 2.21, P_{\text{group}} = 0.12$; $F_{\text{time}\times\text{group}} = 1.34, P_{\text{time}\times\text{group}} = 0.25$). In the low and moderate myopia groups, the changes of the apex, 2mm circle and 6mm circle in the posterior corneal elevation were statistically significant within 1mo after surgery ($P < 0.05$); In the high myopia group, there were statistically significant at the apex and 2mm circle within 3mo after surgery ($P < 0.05$); There was statistically significant after surgery at 6mm circle within 1mo ($P < 0.05$). In all cases, the difference of the posterior corneal elevation between 1wk and 1d was negative at the apex

and 2mm circle, after that, the difference became positive and smaller. The reverse was true at the 6mm circle.

• **CONCLUSION:** Among three groups after SMILE, the central posterior cornea was slightly backward, and the peripheral cornea was slightly forward, the changes were most obvious after 1wk and then returned gradually. It means the surgery was safe, stable, precise, and predictable.

• **KEYWORDS:** small incision lenticule extraction; posterior corneal elevation; corneal stroma; myopia

Citation: Zhang XM, Yang J, Liu Q, *et al.* Clinical research of changes in posterior corneal elevation after small incision lenticule extraction. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2021;21(2):316-320

0 引言

飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (small incision lenticule extraction, SMILE) 目前国内外已广泛采用, 因无瓣、微创、精准度高、术后屈光稳定性好、并发症少等诸多优点, 已成为角膜屈光手术的主流。SMILE 是利用飞秒激光制做出一片式角膜基质透镜并从周边 2mm 切口取出, 通过改变角膜曲率达到矫正屈光不正的目的^[1]。手术操作简单快捷, 术中并发症少。随着全球近视矫正术的广泛开展, 术后角膜后表面形态变化作为手术远期疗效监测指标和安全性评估的重要参数, 它不仅可以在提前预测术后可能发生的严重并发症^[2], 如医源性角膜扩张、圆锥角膜, 而且会对术后屈光状态的稳定性产生影响, 因此越来越受到关注。我们采用 Pentacam 三维眼前节分析系统为研究检测工具, 观察低、中、高度三组近视患者 SMILE 前后角膜不同区域 (中央和周边) 后表面高度的变化并长期随访 12mo, 进一步证实 SMILE 手术的安全性及术后的稳定性, 现报告如下。

1 对象和方法

1.1 对象 采用回顾性病例研究分析。收集 2017-10/2018-10 在甘肃省人民医院眼视光学中心行 SMILE 手术的近视或近视散光患者, 在轻度近视 ($\leq -3.00D$)、中度近视 ($> -3.00 \sim < -6.00D$) 及高度近视 ($\geq -6.00D$) 三组患者中随机各抽取 40 例, 共 120 例 240 眼, 其中男 61 例 122 眼, 女 59 例 118 眼, 年龄 18~40 (平均 24.28 ± 3.8) 岁; 术前等效球镜为 $-1.50 \sim -10.00$ (平均 -4.79 ± 2.01) D。纳入标准: (1) 患者本人无心理疾病且患者自愿手术, 并且年龄 18~45 岁; (2) 眼表健康, 屈光度范围: 等效球镜 $-1.50 \sim -10.00D$, 且柱镜度数 $\leq -3.00D$; (3) 屈光度数 2a 内连续每年增长在 0.50D 及以下; (4) 术前眼压 10~21mmHg; (5) 泪膜稳定, 软镜停戴 1wk 以上, 硬镜停戴 3wk 以上, 角膜塑形镜停戴 3mo 以上。排除标准: (1) 患者年龄 < 18 岁或 > 45 岁; (2) 存在影响术后角膜恢复的眼部或全身器质性疾病; (3) 对手术疗效有过高的期望; (4) 术前角膜厚度过薄, 预计术后剩余角膜基质厚度 $< 280\mu m$ 。本研究经医院伦理委员会批准 (2020-172), 所有患者或其家属充分了解并签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 术前检查 包括非接触性眼压、屈光度、验光、裂隙灯、Pentacam 眼前节分析检查及眼底散瞳检查。

1.2.2 手术方法及术后处理 所有手术均由同一位手术医师完成。使用 VisuMax 全飞秒激光系统进行手术, 脉冲能量为 130nJ, 角膜帽厚度设定为 100~120 μm , 侧切口 2mm, 剩余基质床厚度不低于 280 μm 。术中确认负压吸引环准确定位, 按预定程序依次扫描透镜后表面和前表面及周边小切口, 分离并取出基质透镜。术后给予 0.5% 左氧氟沙星滴眼液和 0.1% 氟米龙滴眼液点眼。

1.2.3 Pentacam 眼前节分析系统检查 采用角膜中央 8mm 区域为最佳拟合球面 (best fit sphere, BFS), 均与术前 BFS 为同一参照物。在角膜上选择某些特定的点: 角膜顶点 (posterior central elevation, PCE)、以角膜顶点为中心 2、6mm 直径同心圆上采集 0°、45°、90°、135°、180°、225°、270°、315° 子午线上各 8 个点, 共 17 个点。顶点、2mm 环代表角膜中央区, 6mm 环代表角膜周边区。读取各位置点后表面高度数据后取平均值作为此区域角膜平均后表面高度。术后相邻时间点做差值, 若正值提示角膜后表面前移, 负值提示后移。每位患者分别于术前和术后 1d, 1wk, 1、3、6、12mo 进行 Pentacam 检测。

统计学分析: 采用统计学软件 SPSS 25.0 进行数据处理。采用 Kolmogorov-Smirnov 进行正态性分布检验, 符合正态分布的计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 进行描述; 应用重复测量方差分析比较三组间术后不同时间点角膜后表面高度变化, 组间、组内不同时间点两两比较采用 LSD-t 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 三组患者术前一般情况 根据术前等效球镜进行分组, 对三组患者术前资料比较, 除年龄、术前眼压外其余数据资料均有统计学差异 ($P < 0.01$), 具有可比性, 见表 1。

2.2 三组间术后不同时间点角膜后表面高度比较 三组患者角膜顶点, 2mm 环角膜后表面高度在术后不同时间点比较, 时间、组间差异有统计学意义 (顶点: $F_{时间} = 30.09, P_{时间} < 0.01; F_{组间} = 7.29, P_{组间} < 0.01$; 2mm 环: $F_{时间} = 24.72, P_{时间} < 0.01; F_{组间} = 7.44, P_{组间} = 0.01$), 而组间 \times 时间差异无统计学意义 (顶点: $F_{时间 \times 组间} = 1.65, P_{时间 \times 组间} = 0.15$; 2mm 环: $F_{时间 \times 组间} = 1.81, P_{时间 \times 组间} = 0.25$)。三组患者 6mm 环角膜后表面高度在术后不同时间点比较, 时间差异有统计学意义 ($F_{时间} = 18.34, P_{时间} < 0.01$), 而组间及组间 \times 时间差异无统计学意义 ($F_{组间} = 2.21, P_{组间} = 0.12; F_{时间 \times 组间} = 1.34, P_{时间 \times 组间} = 0.25$), 见表 2~4。

顶点角膜后表面高度在术后 1d, 1wk, 1mo 轻度近视组与中、高度近视组比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), 中度近视组与高度近视组差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 在术后 3、6、12mo 轻度近视组与中度近视组差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 而与高度近视组差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 中度近视组与高度近视组差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。2mm 环角膜后表面高度在术后 1d, 1、3mo 轻度近视组与中、高度近视组差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 中度近视组与高度近视组差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 在术后 1wk 轻度近视组与中、高度近视组差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 中度近视组与高度近视组差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 术后 6、12mo 三组之间两两比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

表1 三组近视患者 SMILE 术前一般情况

分组	年龄(岁)	球镜(D)	柱镜(D)	SE(D)	IOP(mmHg)	$\bar{x} \pm s$
轻度近视组	24.39±3.93	-2.23±0.48	-0.63±0.53	-2.55±0.34	15.46±2.70	
中度近视组	24.33±3.83	-4.35±0.80	-0.82±0.64	-4.68±0.76	15.42±2.69	
高度近视组	24.13±3.69	-6.71±0.98	-0.92±0.79	-7.14±0.93	16.08±2.33	
<i>t</i>	0.44	36.80	2.71	41.33	-1.55	
<i>P</i>	0.66	<0.01	0.01	<0.01	0.12	

注:轻度近视:≤-3.00D;中度近视:>-3.00~-6.00D;高度近视:≥-6.00D。

表2 三组患者术后不同时间顶点角膜后表面高度变化

组别	术后 1d	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo	术后 6mo	术后 12mo	$(\bar{x} \pm s, \mu\text{m})$
轻度近视组	1.51±2.27	0.29±2.88	1.09±1.84	1.49±2.64	1.75±2.37	1.91±2.64	
中度近视组	0.18±2.11	-0.86±2.08	-0.05±2.46	0.64±2.48	0.91±2.33	0.93±2.26	
高度近视组	-0.03±2.20	-0.94±2.59	0.01±2.35	0.75±2.08	1.16±2.10	1.31±1.97	

注:轻度近视:≤-3.00D;中度近视:>-3.00~-6.00D;高度近视:≥-6.00D。

表3 三组患者术后不同时间 2mm 环角膜后表面高度变化

组别	术后 1d	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo	术后 6mo	术后 12mo	$(\bar{x} \pm s, \mu\text{m})$
轻度近视组	1.29±1.41	0.76±1.49	1.53±1.39	1.71±1.52	1.75±1.61	1.77±2.20	
中度近视组	0.78±1.19	0.26±1.34	0.89±1.25	1.15±1.66	1.27±1.87	1.28±2.07	
高度近视组	0.43±1.46	-0.32±1.72	0.47±1.60	1.03±1.47	1.25±1.57	1.32±1.79	

注:轻度近视:≤-3.00D;中度近视:>-3.00~-6.00D;高度近视:≥-6.00D。

表4 三组患者术后不同时间 6mm 环角膜后表面高度变化

组别	术后 1d	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo	术后 6mo	术后 12mo	$(\bar{x} \pm s, \mu\text{m})$
轻度近视组	-4.03±2.97	-3.26±2.04	-4.16±2.26	-4.24±2.21	-4.38±2.11	-4.50±2.52	
中度近视组	-4.12±2.19	-3.29±2.95	-4.90±2.71	-5.06±2.26	-5.08±1.91	-5.12±2.35	
高度近视组	-4.31±2.05	-3.57±2.34	-4.54±2.41	-4.84±2.27	-5.10±1.82	-5.42±1.39	

注:轻度近视:≤-3.00D;中度近视:>-3.00~-6.00D;高度近视:≥-6.00D。

表5 轻度近视组 SMILE 术后角膜后表面高度变化情况

术后时间	$(\bar{x} \pm s, \mu\text{m})$		
	顶点	2mm 环	6mm 环
术后 1d	1.51±2.27	1.29±1.41	-4.03±2.97
术后 1wk	0.29±2.88	0.76±1.49	-3.26±2.04
<i>P</i>	<0.01	0.04	0.04
术后 1mo	1.09±1.84	1.53±1.39	-4.16±2.26
<i>P</i>	0.04	<0.01	0.02
术后 3mo	1.49±2.64	1.71±1.52	-4.24±2.21
<i>P</i>	0.31	0.51	0.83
术后 6mo	1.75±2.37	1.75±1.61	-4.38±2.11
<i>P</i>	0.50	0.86	0.71
术后 12mo	1.91±2.64	1.77±2.20	-4.50±2.52
<i>P</i>	0.68	0.96	0.76

2.3 SMILE 术后各组内相邻时间点角膜不同区域后表面高度变化 轻、中度近视组顶点、2mm 环、6mm 环在术后 1mo 内相邻时间点角膜后表面高度变化比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。高度近视组顶点、2mm 环在术后 3mo 内相邻时间点角膜后表面变化比较,差异均有统计学

意义($P < 0.05$);6mm 环在术后 1mo 内相邻时间点角膜后表面高度变化比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。三组病例中,顶点与 2mm 环术后 1wk 和术后 1d 差值为负,提示此时段角膜后表面后移;之后差值变正且值变小,说明后表面开始前移并逐渐趋于术前状态恢复。6mm 环术后 1wk 和术后 1d 差值为正,表明此环后表面前移;之后差值变负且值变小,提示周边角膜后表面逐渐后移向术前恢复,见表 5~7。

3 讨论

SMILE 作为一种全新的屈光手术,因其无角膜瓣,手术切口微小,热效应低,耗时短,微创,对角膜基质组织的切割整齐、均匀、精准,与其它角膜屈光手术比较,在保护角膜各层组织生物学结构的完整性、维持角膜生理形态功能稳定方面具有更大的优势^[3-5],目前已成为国内外屈光矫正手术的主流。手术操作的安全性、术中切削角膜厚度的精准性、术后屈光状态的稳定性以及术后效果的可预测性也成为临床医生讨论及研究的热点。因为角膜后表面受眼外环境的干扰较小,现有的角膜屈光手术操作均不会涉及到,且不受术后角膜组织修复过程的影响,所以临床医生经常通过 Pentacam 测量角膜后表面高度值来预测早期可能的角膜扩张及亚临床圆锥角膜的发生^[6-7]。国外一些学者也认为,角膜屈光手术后可以通过观察角膜后表面高度的变化来评估手术本身和角膜后表面形态的相关性,同时也可以预测和预防术后早期医源性角膜扩张情况的发生^[8]。Pentacam 眼前节分析仪通过对眼前节的旋转

表 6 中度近视组 SMILE 术后角膜后表面高度变化情况

术后时间	$(\bar{x} \pm s, \mu\text{m})$		
	顶点	2mm 环	6mm 环
术后 1d	0.18±2.11	0.78±1.19	-4.12±2.19
术后 1wk	-0.86±2.08	0.26±1.34	-3.29±2.95
<i>P</i>	<0.01	0.04	0.03
术后 1wk	-0.86±2.08	0.26±1.34	-3.29±2.95
术后 1mo	-0.05±2.46	0.89±1.25	-4.90±2.71
<i>P</i>	0.03	0.01	<0.01
术后 1mo	-0.05±2.46	0.89±1.25	-4.90±2.71
术后 3mo	0.64±2.48	1.15±1.66	-5.06±2.26
<i>P</i>	0.06	0.31	0.67
术后 3mo	0.64±2.48	1.15±1.66	-5.06±2.26
术后 6mo	0.91±2.33	1.27±1.87	-5.08±1.91
<i>P</i>	0.45	0.64	0.96
术后 6mo	0.91±2.33	1.27±1.87	-5.08±1.91
术后 12mo	0.93±2.26	1.28±2.07	-5.12±2.35
<i>P</i>	0.97	0.95	0.91

表 7 高度近视组 SMILE 术后角膜后表面高度变化情况

术后时间	$(\bar{x} \pm s, \mu\text{m})$		
	顶点	2mm 环	6mm 环
术后 1d	-0.03±2.20	0.43±1.46	-4.31±2.05
术后 1wk	-0.94±2.59	-0.32±1.72	-3.57±2.34
<i>P</i>	0.01	<0.01	0.03
术后 1wk	-0.94±2.59	-0.32±1.72	-3.57±2.34
术后 1mo	0.01±2.35	0.47±1.60	-4.54±2.41
<i>P</i>	<0.01	<0.01	<0.01
术后 1mo	0.01±2.35	0.47±1.60	-4.54±2.41
术后 3mo	0.75±2.08	1.03±1.47	-4.84±2.27
<i>P</i>	0.04	0.03	0.36
术后 3mo	0.75±2.08	1.03±1.47	-4.84±2.27
术后 6mo	1.16±2.10	1.25±1.57	-5.10±1.82
<i>P</i>	0.24	0.38	0.43
术后 6mo	1.16±2.10	1.25±1.57	-5.10±1.82
术后 12mo	1.31±1.97	1.32±1.79	-5.42±1.39
<i>P</i>	0.67	0.80	0.34

扫视,准确测量出角膜前、后表面的高度和角膜厚度及其它角膜相关参数,因此是屈光术后角膜安全性评价的重要检测工具,也是术后早期角膜扩张和圆锥角膜筛查的重要手段之一^[9]。

本研究结果显示,所有患者 SMILE 术后早期角膜中央区(顶点和 2mm 环)后表面均后移,周边区域(6mm 环)后表面均前移,之后均逐渐向术前位置恢复,且渐趋于稳定。这与于长江等^[10]对 SMILE 术后角膜后表面变化的研究结果大致相同。但本研究组增加了术后 1wk 的随访,发现此时角膜后表面后移或前移量最大,之后缓慢向术前状态恢复,与王同梅等^[11]对飞秒激光制瓣准分子激光角膜原位磨镶术(femtosecond laser assisted laser *in situ* keratomileusis, FS-LASIK)和前弹力层下准分子激光角膜

磨镶术(sub-Bowman keratomileusis, SBK)术后早期角膜后表面变化的结论相符。角膜抗张力强度和眼内压是互相对抗的两种力量,角膜屈光术后后表面形态的变化受其影响较大^[10]。在角膜组织结构中,前部角膜基质中的胶原纤维板层排列比后部致密,因此前部角膜基质层承担着更大的抗张力强度和生物力学。此外,周边角膜基质比中央更具有延展性,具有更强的韧性与张力。Randleman 等^[12]和 Dawson 等^[13]也分别证实了角膜前基质抗张力强度和角膜周边组织拉力较强的理论学说。SMILE 在基质层分离出完整的薄片状透镜,手术微创,未触及前弹力层,保留了大部分前基质胶原纤维,且周边仅有 2mm 切口,所以角膜生物力学结构基本完整,角膜抗张力强度和韧性无明显减弱,足以抗衡眼内压的作用,较好地维持了角膜后表面形态^[14-15],这与本研究组 SMILE 术后角膜后表面未出现中央区前移的结果一致。至于中央区出现的轻微后移,可能与透镜取出后角膜基质水肿、基质内部的膨胀压、间隙未能及时修复及后部角膜基质胶原纤维张力较低有关。董子献等^[16]用光学显微镜观察到兔 SMILE 术后 1wk 时中央区角膜组织水肿,胶原纤维错乱排列,角膜层间有较清晰的间隙;术后 1mo 时角膜水肿几乎消退,胶原纤维排列比较整齐,间隙修复。Wei 等^[17]动物实验也证实了术后 1d 时,角膜中的胶原纤维保留尚好,1wk 可观察到基质层的潜在间隙,之后便出现层间融合,这与我们术后 1wk 时中央区后表面后移最大、术后 1mo 趋于向术前位置恢复的结论相吻合。术后早期 6mm 环角膜后表面呈现轻微前移,推测可能因为中央区后表面的轻微后移引发周边后表面在力学上的不均衡,使其趋向于反方向移动,与眼压并无相关性,这在于长江等^[10]的结论中也进一步得到了证实。术后 1wk 角膜后表面周边区前移与中央区后移均达到最大值,为关键时间点,之后随着角膜组织水肿逐渐消退及其修复、愈合,后表面张力重新分配达到新的平衡,即呈现后表面逐渐向术前状态恢复。由此可见,SMILE 术后中央区-周边区角膜后表面形态发生变化的趋势是先后移-前移,然后逐渐向术前位置恢复,此过程是动态连续性变化的^[11],中央和周边之间可能存在一过渡区。Baek 等^[18]认为屈光手术后发生角膜扩张现象与术前角膜厚度较薄和术中更多的角膜组织被切削有关。Wang 等^[19]临床研究发现,当术后剩余角膜基质床厚度<250 μm 时,发生医源性角膜扩张的风险较大,术后角膜扩张和膨隆不仅会导致圆锥角膜的发生,而且可能是术后视力下降的原因^[20]。我们通过三组之间对比分析,各组病例后表面高度随时间变化趋势基本相同,由于角膜中央区域为手术主要切削区,术前屈光度不同,术中切削角膜基质厚度不同,故此区域三组间比较均有统计学差异($P < 0.05$);周边区切削较少,对角膜后表面高度影响较小,三组间比较无统计学差异($P > 0.05$)。轻、中度近视组术后角膜后表面高度变化量较小,高度近视组变化量较大,提示角膜组织切削深度、术后剩余基质床厚度与后表面高度存在相关性^[2,10]。王同梅等^[11]认为,随着角膜预矫正度数的增高,需要消融的角膜组织越多,FS-LASIK 和 SBK 术后角膜后表面高度差值变化越大,对角膜后表面形态的影响越大,所以对高度近视患者需谨慎激光手术。另外龙克利等^[7]报道高度近视组角膜切削的角膜深度相对低中度近视组较大,高度近视患者角膜屈光术后相对更容易发生角膜膨隆。本组高度近视经过严格的术前适应证筛查,手术操作规范,术后

剩余角膜基质床厚度均在 280 μm 以上,保证了 SMILE 术后角膜后表面形态在一定范围内不受屈光度数的影响,因此手术安全性、稳定性显著,未出现术后并发症的发生。在此也呼吁医疗机构不要轻易扩大 SMILE 手术适应证,尤其对于高度近视患者。

综上所述,Pentacam 测定角膜后表面高度结果准确,可重复性好,对于后表面形态的评估更客观,科学性较强。SMILE 作为目前临床屈光手术的主流,在本研究中进一步证实了其安全性、稳定性、精确性和可预测性。当然,我们还需要更大的样本量、更精细的角膜分区和更远期的观察来论证,或者试图从不同的角度寻找其它可能的客观指标观察术后角膜后表面形态的稳定性。

参考文献

- 1 Qin B, Li M, Chen X, *et al.* Early visual outcomes and optical quality after femtosecond laser small-incision lenticule extraction for myopia and myopic astigmatism correction of over - 10 dioptres. *Acta Ophthalmol* 2018;96(3):e341-e346
- 2 Zhao Y, Li M, Zhao J, *et al.* Posterior Corneal Elevation after Small Incision Lenticule Extraction for Moderate and High Myopia. *PLoS One* 2016; 11(2):1-10
- 3 Liu M, Zhang T, Zhou Y, *et al.* Corneal regeneration after Femtosecond laser small - incision lenticule extraction: a prospective study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2015;253(7):1035-1042
- 4 Ganesh S, Patel U, Brar S. Posterior corneal curvature changes following Refractive Small Incision Lenticule Extraction. *Clin Ophthalmol* 2015;9: 1359-1364
- 5 Ishii R, Shimizu K, Igarashi A, *et al.* Influence of femtosecond Lenticule extraction and small incision lenticule extraction on corneal nerve density and ocular surface: a 1 - year prospective, confocal microscopic study. *J Refract Surg* 2015;31(1):10-15
- 6 Seitz B, Torres F, Langenbucher A, *et al.* Posterior corneal curvature changes after myopic laser *in situ* keratomileusis. *Ophthalmology* 2001; 108(4):666-673
- 7 龙克利, 朱冉, 程蕾, 等. 应用 Pentacam 分析 3 种近视激光矫术后角膜后表面高度和曲率的变化. *眼科新进展* 2015;35(1):67-70
- 8 Menassa N, Fitting A, Auffarth GU, *et al.* Visual outcomes and corneal

- changes after intrastromal femtosecond laser correction of presbyopia. *Cataract Refract Surg* 2012;38(5):765-773
- 9 杨丹, 谷天瀑, 李颖, 等. 圆锥角膜的光密度分析. *眼科新进展* 2017;37(5):450-454
 - 10 于长江, 王雁, 苏小连, 等. 飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术后角膜后表面高度变化及其影响因素的研究. *中华眼科杂志* 2016; 52(7):494-498
 - 11 王同梅, 廖荣丰. 飞秒激光制瓣 LASIK 和 SBK 术后早期角膜后表面高度变化及相关因素分析. *中华实验眼科杂志* 2019; 37(2): 111-116
 - 12 Randleman JB, Woodward M, Lynn MJ, *et al.* Risk assessment for ectasia after corneal refractive surgery. *Ophthalmology* 2008;115(1): 37-50
 - 13 Dawson DG, Grossniklaus HE, Mccarey BE, *et al.* Biomechanical and wound healing characteristics of corneas after excimer laser keratorefractive surgery: is there a difference between advanced surface ablation and Sub-Bowman's keratomileusis. *Refract Surg* 2008; 24(1): S90-S96
 - 14 武志清, 王雁, 张琳, 等. 飞秒激光小切口角膜基质内透镜取出术与飞秒激光 LASIK 术后高阶像差改变的对比研究. *中华眼科杂志* 2015;51(3):193-201
 - 15 谭倩, 马代金. SMILE 的研究进展. *中华眼视光学与视觉* 2017; 19(4):251-256
 - 16 董子献, 何丽, 孙周延, 等. 飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术后兔角膜组织学观察. *中华眼科杂志* 2016;52(7):507-513
 - 17 Wei S, Wang Y, Wu D, *et al.* Ultrastructural changes and corneal wound healing after SMILE and PRK procedures. *Curr Eye Res* 2016;41(10):1316-1325
 - 18 Baek T, Lee K, Kagaya F, *et al.* Factors affecting the forward shift of posterior corneal surface after laser *in situ* keratomileusis. *Ophthalmology* 2001;108(2):317-320
 - 19 Wang Z, Chen J, Yang B. Posterior corneal surface topographic changes after laser *in situ* keratomileusis are related to residual corneal bed Thickness. *Ophthalmology* 1999;106(2):406-410
 - 20 Kamiya K, Miyata K, Tokunaga T, *et al.* Structural analysis of the cornea using scanning-slit corneal topography in eyes undergoing excimer laser refractive surgery. *Cornea* 2004;23(8 Suppl):S59-S64